

## A bírálóbizottság értékelése

**Szabó Zsolt** „Mágneses anyagok és elektromágneses meta-anyagok modellezése és mérnöki alkalmazásai” c. doktori értekezésében két fő tématerület tárgyal;

- mágneses anyagok hiszterézis karakterisztikájának zárt alakú leírása, illetve
- nagy frekvenciákon is alkalmazható kisméretű, összetett geometriájú, stukturálással hangolt elektromágneses tulajdonságú meta-anyagok tervezése és mérnöki alkalmazásai.

Ezen területek nagyszámú, jelenleg is aktívan kutatott problémát érintenek és számos fontos mérnöki alkalmazást alapoznak meg, illetve vetítenek előre.

Eredményeinek első csoportja a makroszkopikus Preisach típusú modellre zárt alakban adja meg a mágneses indukciót és a dinamikus permeabilitást a mágneses térerősség függvényében. Vizsgálja és alátámasztja a zárt alakú kifejezés alkalmazhatóságát a számítógépes térszámítási modellezésben. Értékes eredményei alapvetően üdvözlendők a mágneses kutatások szerény hazai palettáján. A Preisach modell sok évtizeddel ezelőtt keletkezett, a mágneses hiszterézis jelenséget leíró modellek közül a legtöbbet hivatkozott, és irodalma hatalmas. Szabó Zsoltnak ennek ellenére sikerült új eredményekkel gazdagítani ezt a területet. A ferromágneses anyagok sokszor nagyon bonyolult viselkedésének modellezésében, az ilyen anyagokra épülő eszközök tervezésében eredményei a mérnöki gyakorlat számára is rendkívül hasznosak.

Az értekezés második részében az elektromágneses meta-anyagok modellezése terén elért új eredményeit ismertette. Ez a legkorszerűbb technikán alapuló, nagyon előremutató terület, rengeteg majdani gyakorlati alkalmazás ígéretével, amely folyamatos igényt generál a szimulációs környezet fejlesztésére és újabb anyagmodellekkel való bővítésére.

Szabó Zsolt számos alkalmazási lehetőséget modellezett, mint a meta-anyag lencsék tervezése, diffrakciós határ alatti képalkotás meta-kompozitokkal, elektromos elrejtés meta-anyagokkal, melyek mindegyike fontos lehet a gyakorlatban. A Kramers-Kronig összefüggésekben szereplő integrálok számítására zárt alakú összefüggéseket vezet le meta-anyagok effektív átviteli paramétereinek meghatározásához. Új megoldásként az elsőfokú, ún. kivonó Kramers-Kronig összefüggések konvergenciáját vizsgálta a horgonyfrekvenciák számának függvényében és meghatározta a negatív törésmutatót.

Az értekezésben tárgyalja a periodikus meta-anyagok modellezését is. Ilyen szerkezetek esetében, ha a cellaméret sokkal kisebb, mint a legkisebb optikai hullámhossz, akkor a szerkezet homogenizálható, azaz egyetlen homogén réteggel helyettesíthető. Az optikai tulajdonságok a bemenő elektromágneses paraméterekből megjósolhatók. Dolgozatában ezt a modellezési inverz feladatot; a meta-anyag paramétereinek meghatározását tárgyalja a transzmissziós és reflexiós adatokból és eljárást ad a megoldásra.

Szabó Zsolt tudományos munkássága a meta-anyagok és kompozitok alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatára is irányult. Olyan, a hullámhossznál kisebb geometriai méretű, NYÁK technológiával megvalósítható lencse antennák tervezését ismerteti, amelyeknél mobil kommunikációs eszközökben az irányítottság és a nyereség növelése fő cél. A transzmissziós és reflexiós mérések alapján a módszer finomításait is tárgyalja.

Egy pontszerű forrás elektromágneses tere negatív törésmutatójú vékony meta-anyaggal újra fókuszálható. Ez adja az elvi lehetőséget a diffrakciós határ alatti képalkotásnak. Az optikai tartományban működő ilyen eszköz még nincs. Szabó Zsolt munkájában elemezve ezt a problémát rámutatott, hogy ehhez az evanescens összetevők átvitelét is meg kell oldani. Megmutatta, hogy a 100 nm-es felbontáshoz a használt meta-anyag elemi cellája nem lehet nagyobb, mint 10-20 nm. Programcsomagot dolgozott ki ilyen rendszerek numerikus szimulációjára egy vagy többretegű, illetve  $\text{SiO}_2$ -be ágyazott, gömb alakú, 2nm-es Ag szemcséket tartalmazó kompozit meta-anyag lencsékkel illusztrálva. Kutatásai az infravörös tartományban működő elektromágneses elrejtésre is irányultak, amire értekezésében tervezési eljárásokat mutat be.

A meggyőző nyilvános vita alapján a bírálóbizottság megállapítja, hogy Szabó Zsolt igazolta jelentős hozzájárulását az elektromágneses anyagok modellezéséhez. Az akadémiai doktori értekezésben foglaltakat nagyszámú, nívós idegen nyelvű folyóiratban megjelent publikációval támasztotta alá.